

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 SEP 2003

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 40 008.3

Anmeldetag: 27. August 2002

Anmelder/Inhaber: Heraeus Tenevo AG,
Hanau/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung
eines Quarzglas-Rohlings

IPC: C 03 B 37/018

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Stech

BEST AVAILABLE COPY

Patentanmeldung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings, umfassend einen Verfahrensschritt, bei dem mittels einer Reihe von Abscheide-
10 brennern SiO_2 -Partikel erzeugt und auf einer Zylindermantelfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers unter Bildung eines zylinderförmigen, porösen SiO_2 -Sootkörpers abgeschieden werden, wobei die Oberflächentemperatur des sich bildenden Sootkörpers mittels eines Temperatureinstellkörpers beeinflusst wird.

15 Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings, umfassend eine Reihe von Abscheidebrennern zur Erzeugung von SiO_2 -Partikeln, einen um seine Längsachse rotierbaren Träger, auf dessen Zylindermantelfläche die erzeugten SiO_2 -Partikel unter Bildung eines zylinderförmigen, porösen SiO_2 -Sootkörpers abgeschieden werden, mit mindestens einem im Be-
20 reich des sich bildenden Sootkörpers angeordneten Temperatureinstellkörper, der auf die Oberflächentemperatur des Sootkörpers zum Zweck der Beeinflussung seines axialen Dichteverlaufs einwirkt.

Quarzglas-Rohlinge werden in Form von Rohren oder Stäben insbesondere als Halbprodukt für die Herstellung optischer Bauteile und Lichtleitfasern eingesetzt.
25 Die axiale und radiale optische Homogenität der Quarzglas-Rohlinge ist dabei ein entscheidendes Qualitätsmerkmal. Die Rohlinge werden durch Sintern zylinderförmiger poröser SiO_2 -Vorformen („Sootkörper“) erhalten, die durch schichtweises Abscheiden von SiO_2 -Partikeln auf einer rotierenden Ablagerungsfläche mittels einer Vielzahl von Abscheidebrennern gebildet werden. Nur Sootkörper mit
30 gleichförmiger Partikelverteilung und einem engen Dichteband über ihre gesamte Längsachse können zu hochwertigen Quarzglas-Rohlingen weiterverarbeitet werden.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß der eingangs genannten Gattung sind aus der DE-C 198 27 945 bekannt. Darin wird die Herstellung eines länglichen, porösen Sootkörpers aus SiO_2 -Partikeln beschrieben, wobei mittels Flammhydrolysebrennern auf einem waagrecht orientierten, um seine Längsachse rotierenden

5 Trägerstab SiO_2 -Partikel schichtweise abgeschieden werden. Die Brenner sind mit äquidistantem Abstand zueinander auf einem parallel zur Längsachse des Trägers verlaufenden Brennerblock montiert. Der Brennerblock wird entlang des sich bildenden porösen, zylinderförmigen Sootkörpers zwischen linken und rechten Wendepunkten mittels einer regelbaren Verschiebeeinrichtung hin- und herbe-

10 wegt, wobei die Amplitude dieser Translationsbewegung kleiner ist als die Sootkörperlänge. Im Bereich der Wendepunkte kommt es zu einer Überhitzung der Sootkörperoberfläche und daher zu lokalen, axialen Dichtungsschwankungen. Um diese axialen Dichteinhomogenitäten zu vermeiden, wird in der DE-C 198 27 945 vorgeschlagen, die Sootkörperoberfläche im Bereich der Wendepunkte aktiv oder

15 passiv zu kühlen. Bei der aktiven Kühlung wird Wärme von der Sootkörperoberfläche im Bereich der Brennerwendepunkte abgeführt, beispielsweise mittels Kühlelementen oder durch Wärmekonvektion oder Wärmeströmung. Bei passiver Kühlung sind im Bereich der Wendepunkte Wärmesenken vorgesehen, die als absorbierende Oberflächenbereiche oder als Schlitze in einer den Sootkörper umge-

20 benden Wärmeabschirmung ausgebildet sind. Durch die Wärmeabschirmung wird ein Wärmeverlust in den Bereichen zwischen den Wendepunkten vermindert und im Bereich der Wendepunkte gefördert. Die Kühlmaßnahmen wirken sich somit lokal beschränkt auf die Bereiche der jeweiligen Wendepunkte temperatursenkend aus.

25 Ein weiteres Verfahren zur Vermeidung von Temperaturspitzen im Bereich der Wendepunkte wird in der DE-A 196 28 958 vorgeschlagen. Hierbei wird eine Überhitzung der Sootkörper in den Bereichen um die Wendepunkte verhindert oder verringert, indem in diesen Bereichen die Umfangsgeschwindigkeit des sich bildenden Sootkörpers erhöht, die Flammentemperatur der Abscheidebrenner ge-

30 senkt, oder der Abstand der Abscheidebrenner von der Sootkörperoberfläche vergrößert wird. Mittels dieser Maßnahmen kann eine Temperaturerhöhung im Be-

reich der Wendepunkte teilweise oder ganz kompensiert und axiale Dichtegradienten im Sootkörper vermieden oder verringert werden.

Den bekannten Verfahren ist gemein, dass zum Kompensieren oder Vermeiden axialer Dichteunterschiede ein hoher, konstruktiver oder regelungstechnischer Aufwand betrieben werden muss, und dass sich die vorgeschlagenen Kompensationsmaßnahmen auf den Bereich der Wendepunkte der Brennerbewegung beschränken.

Durch unterschiedliche Brennercharakteristika, durch Differenzen bei der Brennerjustierung oder durch Dejustierungen infolge von Temperaturänderungen während des Abscheideprozesses kommt es jedoch zwangsläufig auch außerhalb der Wendepunkte der Brennerbewegung zu ungleichmäßigen Temperatureinwirkungen auf den Sootkörper und damit zu inhomogenen Dichteverläufen über der Längsachse des porösen SiO_2 -Sootkörpers. Derartiger Dichteschwankungen erschweren die Einhaltung von vorgegebenen Qualitätsstandards des Quarzglasrohlings.

Der Abscheideprozess erfolgt in der Regel in einer Abscheidekammer, innerhalb der die Brennerreihe und der Sootkörper sowie die erforderlichen Montagebauteile und Leitungen angeordnet sind, und die häufig mit einem Sichtfenster versehen ist. Daher kommt es infolge von Streustrahlung an unterschiedlich reflektierenden Oberflächen innerhalb der Abscheidekammer zu Temperaturunterschieden im Bereich der Sootkörperoberfläche auch dann, wenn identische Eigenschaften der Abscheidebrenner der Brennerreihe vorlägen; eine Voraussetzung, die auch beim Ersatz der Abscheidebrenner durch einen einzigen, sich entlang der Sootkörperoberfläche erstreckenden Schlitzbrenners erfüllbar wäre.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein preisgünstiges Verfahren zur Herstellung eines SiO_2 -Sootkörpers mit geringen axialen Dichteschwankungen anzugeben, und dafür eine konstruktiv einfache Vorrichtung bereitzustellen.

Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von dem Verfahren der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass als

Temperatureinstellkörper ein sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO₂-Sootkörpers erstreckendes Flächenelement eingesetzt wird, das entweder als homogene Wärmesenke temperaturabschirmend oder als homogener Reflektor durch Wärmestrahlung temperaturerhöhend auf die Sootkörperoberfläche ein-
5 wirkt.

Allgemein gilt folgende Formel für das Auftreffen elektromagnetischer Strahlung (Licht) auf eine Oberfläche:

$$R + S + A + T = 1$$

Wobei R=Reflexionsgrad, S=Streuungsgrad, A=Absorptionsgrad und
10 T=Transmissionsgrad ist. Bei spiegelnd reflektiertem Licht gilt Einfallswinkel = Ausfallwinkel, während bei diffus reflektiertem Licht der Ausfallwinkel keine Beziehung dem Winkel des einfallenden Lichts mehr hat.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren weist der Temperatureinstellkörper ein Flächenelement auf, das entweder als homogene Wärmesenke oder als ho-
15 gener Reflektor wirkt. Der Unterschied zu dem bekannten Verfahren liegt darin, dass mit dem Flächenelement nicht die Oberflächentemperatur einzelner, diskreter Teilbereiche des sich bildenden Sootkörpers gesenkt wird, sondern dass es über dessen gesamte nutzbare Länge homogenisierend auf die Oberflächentemperatur einwirkt. Diese Wirkung kommt dadurch zustande, dass das Flächenele-
20 ment als homogene temperaturabschirmend wirkende Wärmesenke oder als temperaturerhöhend wirkender homogener Reflektor ausgebildet ist. Im Falle der Ausbildung des Flächenelements als Reflektor wird durch Vorgabe des Reflexionsgrades für die IR-Strahlung in Richtung einer Temperaturerhöhung über die gesamte Sootkörperoberfläche hingewirkt. Dies hat zur Folge, dass lokale Tempe-
25 raturspitzen eingeebnet werden, und zwar unabhängig davon, ob diese Temperaturspitzen aufgrund der Brennerbewegung, infolge von Dejustierungen oder Unterschieden zwischen den einzelnen Abscheidebrennern oder aufgrund von Streustrahlung entstehen.

Im Falle der Ausbildung des Flächenelements als Wärmesenke werden lokale
30 Temperaturerhöhungen durch Streustrahlung verhindert oder vermindert, indem

die Streustrahlung absorbiert oder dissipiert wird. Auch diese Verfahrensweise hat demnach zur Folge, dass lokale Temperaturspitzen vermieden werden.

Damit das Flächenelement eine dieser Wirkungen entfaltet, ist es entweder als ein IR-Strahlung homogen reflektierendes Spiegelement (Reflektor) ausgebildet, 5 oder als ein IR-Strahlung homogen absorbierender Kühlkörper (Wärmesenke). Im erstgenannten Fall kommt es im wesentlichen auf die Oberflächengestaltung des Flächenelementes an, während im zweiten Fall zusätzlich das Material des Flächenelementes Einfluss auf die Kühlfunktion hat..

Das Flächenelement erstreckt sich über einen wesentlichen Teil der Länge des 10 sich bildenden Sootkörpers, wobei seine Temperatur-Homogenisierungsfunktion umso einfacher und besser zu erfüllen ist, je länger der vom Flächenelement abgedeckte Längenabschnitt des Sootkörpers ist. Auch ein Flächenelement, das geringfügig kürzer ist als der Sootkörper kann diese Homogenisierungsfunktion noch in ausreichendem Maß über die gesamte nutzbare Sootkörperlänge entfalten. 15 Daher wird hier aus Gründen der Klarheit eine Teillänge von mehr 50 % der Sootkörperlänge noch als ein „wesentlicher Teil“ dieser Länge definiert.

Wesentlich ist die gezielte Einstellung des Reflexionsgrades des Flächenelements mit dem Ziel einer Einebnung des Verlaufs der Oberflächentemperatur und damit einer Homogenisierung des axialen Dichteverlaufs des Sootkörpers. Diese Einstellung der Wirkung des Flächenelements durch Oberflächen- oder Materialei- 20 genschaften erfolgt einmalig zu Beginn eines Abscheideprozesses und wird in der Regel auch bei nachfolgenden Abscheideprozessen beibehalten.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können ein Flächenelement oder mehrere gleichwirkende Flächenelemente gleichzeitig eingesetzt werden. Es können auch 25 mehrere Flächenelemente eingesetzt werden, die sich in ihrer Homogenisierungswirkung in Bezug auf Intensität oder hinsichtlich der Art unterscheiden (als homogene Wärmesenke oder als homogener Reflektor wirkend), wobei jedoch in jedem Fall sichergestellt ist, dass ein Flächenelement im Sinne dieser Erfindung eingesetzt wird, das sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers erstreckt. 30 Zum Beispiel können zur Erzielung einer niedrigeren Oberflächentempe-

ratur im Bereich der Enden des SiO₂-Sootkörpers Flächenelemente mit anderer Wirkung vorgesehen sein als sie das auf den Mittelbereich des SiO₂-Sootkörpers einwirkende Flächenelement im Sinne der Erfindung aufweist.

Vorzugsweise wird das Flächenelement von einer Innenwandung eines den SiO₂-
5 Sootkörper umgebenden Gehäuses gebildet.

Diese Verfahrensvariante gestaltet sich konstruktiv besonders einfach, da das Abscheiden des SiO₂-Sootkörpers üblicherweise in einer Abscheidekammer erfolgt. In diesem Fall ist das Flächenelement in die Wandung der Abscheidekammer integriert, so dass es die Wandung selbst oder einen Teil der Wandung bildet. Im einfachsten Fall bildet die gesamte Innenwandung des Gehäuses ein Flächenelement im Sinne der Erfindung. Wesentlich ist auch hierbei, dass die Material- und Oberflächeneigenschaften der Wandung im Hinblick auf die zu erreichende Funktionalität, nämlich temperatenausgleichend über die Länge des Sootkörpers zu wirken, eingestellt werden.

15 Bei einer ersten bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wirkt das Flächenelement als Reflektor mit einem Reflexionsgrad für IR-Strahlung zwischen 80 % und 100 %.

Es hat sich gezeigt, dass Schwankungen der Oberflächentemperatur durch ein die IR-Strahlung reflektierendes Flächenelement besonders effektiv eingeebnet werden. Dabei wird die Oberflächentemperatur des Sootkörpers mittels des Reflektors auf ein insgesamt höheres Temperaturniveau gehoben, mit der Folge, dass die durch die Abscheidebrenner aufzubringende Wärmemenge gesenkt werden kann. Dadurch gelingt es, die insgesamt homogenere Beheizung der Sootkörperoberfläche durch das erfindungsgemäße Flächenelement zu Lasten der inhomogenen Beheizung durch die Abscheidebrenner zu erhöhen. Somit wird das
25 Temperaturprofil über die Länge des Sootkörpers insgesamt homogenisiert. Bei dieser Ausgestaltung des Verfahrens haben sich wiederum zwei Verfahrensvarianten als günstig erwiesen.

Bei der ersten Verfahrensvariante wird mittels des Flächenelements Wärme der
30 Abscheidebrenner in Richtung auf den Sootkörper reflektiert. Hierbei ist das Flä-

chenelement so angeordnet und ausgebildet, dass von den in Reihe angeordneten Abscheidebrennern ausgehende Wärme darauf auftrifft und diese Wärme in Richtung auf den sich bildenden SiO_2 -Sootkörper reflektiert wird. Das Flächenelement kann hierzu beispielsweise so angeordnet sein, dass die Reihe der Abscheidebrenner bzw. die Reihen der Abscheidebrenner zwischen dem Sootkörper und dem Flächenelement verlaufen. Die von den Abscheidebrennern nach hinten abgestrahlte Verlustwärme wird so vom Flächenelement aufgefangen und in Richtung auf den sich bildenden Sootkörper gelenkt.

In der zweiten Verfahrensvariante wird mittels des Flächenelements Wärme des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers in Richtung auf den Sootkörper reflektiert.

Hierbei wird vom Sootkörper ausgehende Wärme vom Flächenelement aufgefangen und wieder in Richtung auf den Sootkörper zurückreflektiert. Das Flächenelement erstreckt sich hierbei vorzugsweise über, neben oder unter dem Sootkörper. Die Flammentemperatur der Abscheidebrenner ist höher als die Oberflächentemperatur des Sootkörpers. Da die Intensität der Temperaturstrahlung näherungsweise proportional mit der vierten Potenz der Temperatur T (in Kelvin) zunimmt, wirkt sich eine Reflexion der Flammentemperatur stärker temperaturerhöhend auf den Sootkörper aus als die Verfahrensvariante, bei der die Wärmeabstrahlung des Sootkörpers wieder auf diesen selbst zurück reflektiert wird.

Bei einem als homogenem Reflektor wirkenden Flächenelement wird das Temperaturprofil entlang der Sootkörperoberfläche dadurch eingeebnet, dass ein Teil der insgesamt aufzubringenden Wärme durch eine homogenere Beheizungsweise (Reflektor) zu Lasten eher inhomogenere Beheizungsweise (Abscheidebrenner) vergrößert wird.

Vorteilhafterweise wird hierbei ein Flächenelement eingesetzt, das einen Wirkungsgrad, definiert als der den sich bildenden SiO_2 -Sootkörper abdeckenden Raumwinkel von mindestens 60 % aufweist.

Alternativ hierzu hat sich auch eine Verfahrensweise bewährt, bei der das Flächenelement als IR-Strahlung absorbierende Wärmesenke wirkt.

Bei dieser Verfahrensvariante wirkt das Flächenelement nicht wärmend oder kühlend auf die Sootkörperoberfläche, sondern es verhindert oder mindert lediglich, die Einwirkung – der grundsätzlich eher inhomogenen - Streustrahlung auf den Sootkörper, so dass sich ebenfalls eine Einebnung des Temperaturprofils 5 ergibt.

Diese Wirkung als Wärmesenke erfüllt das Flächenelement in einer bevorzugten Verfahrensvariante, indem es eine aufgerauhte Oberfläche mit einer mittleren Rauhtiefe R_a von mindestens 10 μm aufweist. Durch das Aufrauen der Oberfläche wird im Wesentlichen der Streuungsgrad S erhöht. Durch dieses Vorgehen 10 wird demnach der Anteil diffuser Reflexion zu Lasten der spiegelnden Reflexion erhöht. Zusätzlich wird Wärmestrahlung durch die spezifische Absorption des betreffenden Werkstoffes entfernt.

Eine derartige aufgerauhte Oberfläche lässt sich durch Schleifen, Frosten (Ätzen), Strahlen oder ähnliche Oberflächenbearbeitungsverfahren besonders einfach und 15 kostengünstig einstellen. Die mittlere Rauhtiefe R_a wird dabei nach DIN 4768 ermittelt.

Gleichermaßen wirkt sich ein Flächenelement mit geschwätzter Oberfläche temperaturhomogenisierend aus.

Durch Schwärzung der Oberfläche wird im Wesentlichen der Absorptionsgrad A 20 erhöht. Durch dieses Vorgehen wird insbesondere die Wirkung inhomogener Streustrahlung, wie sie beispielsweise von reflektierenden Oberflächen innerhalb einer Prozesskammer ausgehen kann, verringert oder eliminiert. Die Schwärzung kann zusätzlich oder alternativ zu einer aufgerauhten Oberfläche vorgesehen sein.

25 Weiterhin hat sich eine als Wärmesenke wirkendes Flächenelement als geeignet erwiesen, das gekühlt wird.

Die Kühlung erfolgt dadurch, dass das Flächenelement mit einem Kühlmittel in Kontakt gebracht wird. Bei dem Kühlmittel kann es sich um ein Kühlgas, eine Kühlflüssigkeit oder einen Kühlkörper handeln. Diese Verfahrensvariante hat den

Vorteil, dass mittels des Kühlmittels die Temperatur und damit die Wirksamkeit des Flächenelementes in Bezug auf die Beeinflussung und Homogenisierung der Oberflächentemperatur des Sootkörpers in gewissem Rahmen variiert werden kann. Die Kühlung des Flächenelements kann zusätzlich oder alternativ zu einer 5 aufgerauhten Oberfläche und/oder Schwärzung vorgesehen sein.

Weiterhin hat es sich als günstig erwiesen, den Abstand zwischen dem Flächenelement und der Oberfläche des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers konstant zu halten.

Dadurch wird eine im Wesentlichen gleichbleibende temperaturhomogenisierende 10 Wirkung des Flächenelements während des Abscheideverfahrens gewährleistet. Das Flächenelement wird zum Beispiel mit zunehmendem Durchmesser des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers senkrecht zur Trägerlängsachse verschoben.

Besonders bewährt hat es sich auch, das Flächenelement entlang des Sootkörpers zu bewegen.

15 Diese Verfahrensweise ist insbesondere bei einem Flächenelement vorteilhaft, das sich nur über eine Teillänge des Sootkörpers erstreckt. Außerdem ergibt sich dadurch eine Vereinfachung der Konstruktion in den Fällen, bei denen ein feststehendes Flächenelement die Bewegung der Brennerreihe behindern könnte. Beispielsweise bei einer Anordnung, bei der die Brennerreihe zwischen Sootkörper 20 und Flächenelement verläuft, so dass die Versorgungsleitungen der Brennerreihe entweder durch das Flächenelement hindurchgeführt werden müssten oder darüber verlaufen. Die Bewegung des Flächenelementes kann beispielsweise synchron mit der Bewegung der Abscheidebrenner entlang des Sootkörpers erfolgen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens 25 erstreckt sich das Flächenelement über die gesamte nutzbare Länge des Sootkörpers. Diese Ausbildung des Flächenelements erleichtert die Einstellung einer homogenen Temperaturverteilung. Das Flächenelement erstreckt sich über die nutzbare Länge oder darüber hinaus. Die nutzbare Sootkörperlänge entspricht dem zylindrischem Längenabschnitt des Sootkörpers, ohne Verjüngungsbereiche 30 an den beiden Enden (Endkappen).

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die oben angegebene Aufgabe ausgehend von einer Vorrichtung der genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Temperatureinstellkörper ein als homogene Wärmesenke oder als homogener Reflektor wirkendes Flächenelement aufweist, das sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers erstreckt, und das einen vorgegebenen Reflexionsgrad für IR-Strahlung aufweist.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist der Temperatureinstellkörper ein Flächenelement auf, das entweder als homogene Wärmesenke temperaturabschirmend oder als homogener Reflektor durch Wärmestrahlung temperaturerhöhend auf die Sootkörperoberfläche einwirkt.

Das Flächenelement erstreckt sich mindestens über eine Teillänge des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers. Im Unterschied zur bekannten Vorrichtung ist das Flächenelement als homogene Wärmesenke oder als homogener Reflektor mit vorgegebenem Reflexionsgrad ausgebildet. Im Falle der Ausbildung des Flächenelements als Reflektor wird durch Vorgabe des Reflexionsgrades für die IR-Strahlung in Richtung einer Temperaturerhöhung über die gesamte Sootkörperoberfläche hingewirkt. Dies hat zur Folge, dass lokale Temperaturspitzen eingeebnet werden, und zwar unabhängig davon, ob diese Temperaturspitzen aufgrund der Brennerbewegung, infolge von Dejustierungen oder Unterschieden zwischen den einzelnen Abscheidebrennern oder aufgrund von Streustrahlung entstehen.

Im Falle der Ausbildung des Flächenelements als Wärmesenke werden lokale Temperaturerhöhungen durch Streustrahlung verhindert oder vermindert, indem die Streustrahlung absorbiert oder dissipiert wird. Auch diese Verfahrensweise hat demnach zur Folge, dass lokale Temperaturspitzen vermieden werden.

Damit das Flächenelement eine dieser Wirkungen entfaltet, ist es entweder als ein IR-Strahlung homogen reflektierendes und insgesamt temperaturerhöhend wirkender Spiegelement (Reflektor) ausgebildet, oder als ein IR-Strahlung homogen absorbierender temperaturabschirmend wirkender Kühlkörper (Wärmesenke). Im erstgenannten Fall kommt es im wesentlichen auf die Oberflächengestaltung

des Flächenelementes an, während im zweiten Fall auch das Material des Flächenelementes Einfluss auf die Kühlfunktion hat.

Das Flächenelement erstreckt sich über einen wesentlichen Teil der Länge des sich bildenden Sootkörpers, wobei seine Temperatur-Homogenisierungsfunktion
5 umso besser erfüllt wird, je länger der vom Flächenelement abgedeckte Längenschnitt des Sootkörpers ist. Da auch ein Flächenelement, das geringfügig kürzer ist als die Sootkörper die Homogenisierungsfunktion noch in ausreichendem Maß aufweisen kann, wird hier aus Gründen der Klarheit eine Teillänge von mehr 50 % der Sootkörperlänge noch als ein „wesentlicher Teil“ dieser Länge definiert.

- 10 Wesentlich ist die Einstellung des Reflexionsgrades des Flächenelements mit dem Ziel einer Einebnung des Verlaufs der Oberflächentemperatur und damit einer Homogenisierung des axialen Dichteverlaufs des Sootkörpers. Diese Einstellung der Wirkung des Flächenelements durch Oberflächen- oder Materialeigenschaften erfolgt einmalig zu Beginn eines Abscheideprozesses und wird in der
15 Regel auch bei nachfolgenden Abscheideprozessen beibehalten.

Der Temperatureinstellkörper besteht aus einem einzelnen Flächenelement oder er ist aus mehreren Flächenelemente zusammengesetzt. Es können auch mehrere Flächenelemente vorgesehen sein, die sich in ihrer Homogenisierungswirkung in Bezug auf Intensität oder hinsichtlich der Art unterscheiden (als homogene

- 20 Wärmesenke oder als homogener Reflektor wirkend), wobei jedoch in jedem Fall sichergestellt ist, dass eines der Flächenelemente sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers erstreckt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Soweit in den Unteransprüchen angegebene Ausgestaltungen der Vorrichtung den in Unteransprüchen zum erfindungsgemäßen
25 Verfahren genannten Verfahrensweisen nachgebildet sind, wird zur ergänzenden Erläuterung auf die obigen Ausführungen zu den entsprechenden Verfahrensansprüchen verwiesen. Die in den übrigen Unteransprüchen genannten Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nachfolgend näher erläutert.

Durch ein Flächenelement, das eine konkave Wölbung aufweist, kann die IR-Strahlung auf die Oberfläche des Sootkörpers fokussiert und damit die homogenisierende Wirkung verstärkt werden. Das Flächenelement ist beispielsweise als Hohlspiegel mit einer entlang des Sootkörpers verlaufenden Längsachse ausgebildet, wobei die Spiegelfläche sich um die gesamte Zylindermantelfläche des Sootkörpers oder einen Teil davon erstreckt.

Bei dieser Ausgestaltung der Vorrichtung haben sich wiederum zwei Varianten als gleichermaßen günstig erwiesen.

Bei der ersten Variante weist die konkave Wölbung einen Brennpunkt auf, der im Bereich der Reihe der Abscheidebrenner liegt. Hierbei wird mittels des Flächenelements insbesondere die Wärme der Abscheidebrenner in Richtung auf den Sootkörper reflektiert. Das Flächenelement ist so angeordnet und ausgebildet, dass von den in Reihe angeordneten Abscheidebrennern ausgehende Wärme darauf auftrifft und diese Wärme in Richtung auf den sich bildenden SiO_2 -Sootkörper reflektiert wird. Das Flächenelement kann hierzu beispielsweise so angeordnet sein, dass die Reihe der Abscheidebrenner bzw. die Reihen der Abscheidebrenner zwischen dem Sootkörper und dem Flächenelement verlaufen. Die von den Abscheidebrennern nach hinten-abgestrahlte Verlustwärme wird so vom Flächenelement aufgefangen und in Richtung auf den sich bildenden Sootkörper gelenkt.

Bei der zweiten Vorrichtungsvariante weist die konkave Wölbung einen Brennpunkt auf, der im Bereich des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers liegt.

Hierbei wird vom Sootkörper ausgehende Wärme vom Flächenelement aufgefangen und wieder in Richtung auf die Sootkörperoberfläche zurückreflektiert. Das Flächenelement erstreckt sich hierbei vorzugsweise über, neben oder unter dem Sootkörper.

Ein als Wärmesenke wirkendes Flächenelement ist vorteilhafterweise mit einer Kühlvorrichtung versehen.

Die Kühlvorrichtung besteht beispielsweise aus einem mit dem Flächenelement verbundenen Kühlkörper oder aus einer Strömungseinrichtung, mittels der das Flächenelement mit einem gasförmigen oder flüssigen Kühlmedium beaufschlagt werden kann. Durch die Kühlung des Flächenelements kann dessen Wirksamkeit
5 in Bezug auf Beeinflussung und Homogenisierung der Oberflächentemperatur des Sootkörpers in gewissem Rahmen variiert werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im Einzelnen:

10 **Figur 1** einen Längsschnitt einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zwei seitlich zum Sootkörper angeordneten Hohlspiegeln in einer Vorderansicht,

Figur 2 die Vorrichtung nach Figur 1 in einem Schnitt entlang A-A' in einer Seitenansicht, und

15 **Figur 3** eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer als Hohlspiegel wirkenden, zylinderförmigen Abscheidekammer in einer Seitenansicht.

Bei der in **Figur 1** schematisch dargestellten Vorrichtung ist innerhalb einer Abscheidekammer 8 ein Träger 1 aus Aluminiumoxid vorgesehen, der um seine
20 Längsachse 3 rotierbar ist, und auf dem ein poröser Sootkörper 2 aus SiO_2 -Partikeln mittels Abscheidebrennern 5 erzeugt wird. Die Abscheidebrenner 5 sind in einer Reihe parallel zur Längsachse 3 des Trägers 2 auf einer gemeinsamen Brennerbank 4 montiert. Das Abscheiden der SiO_2 -Partikel erfolgt durch Hin- und Herbewegung der Brennerbank 4 mit einer Amplitude von 20 cm (Blockpfeil 6).
25 Die Brennerbank 4 ist mit einem Antrieb verbunden, der ihre Hin- und Herbewegung bewirkt. Den Abscheidebrennern 5 werden jeweils Brenngase, Sauerstoff und Wasserstoff und als Ausgangsmaterial für die Bildung der SiO_2 -Partikel dampfförmiges SiCl_4 zugeführt. Der Abstand zwischen der Oberfläche 10 des Sootkörpers 2 und der Brennerbank 4 wird während des Abscheideprozesses
30 konstant gehalten. Hierzu ist der Brennerbank 4 in einer Richtung senkrecht zur

Längsachse 3 des Trägers 1 bewegbar, wie dies mit dem Richtungspfeil 11 angedeutet ist.

Mittels der Abscheidebrenner 5 werden SiO_2 -Partikel auf der Oberfläche 10 des um die Trägerlängsachse 3 rotierenden Sootkörpers 2 abgeschieden. Die Abscheidebrenner 5 werden dabei entlang der Sootkörperoberfläche 10 in gleichen Bewegungszyklen zwischen örtlich konstanten Wendepunkten hin- und herbewegt. Die Umfangsgeschwindigkeit der Sootkörper 2 wird während des Abscheidungsprozesses konstant auf 10 m/min gehalten. Die mittlere Translationsgeschwindigkeit der Brennerbank 4 beträgt 350 mm/min.

10 Die Vorrichtung ist außerdem mit als Reflektoren wirkenden homogenen Flächenelementen in Form zweier sich am Sootkörper 2 gegenüberliegender Hohlspiegel 13 ausgestattet, die sich beiderseits des Sootkörpers 2 über dessen gesamte Länge erstrecken. Die Hohlspiegel 13 bestehen aus Edelstahl, wobei die dem Sootkörper 2 zugewandte konkave Innenwölbung 7 jeweils hochglanzpoliert ist und deren Reflexionsgrad für infrarote Strahlung bei annähernd 100 % liegt. Der Hohlspiegel 13 weist einen Wölbungsradius von 400 mm auf und der Abstand zur Trägerlängsachse 3 beträgt 270 mm. Die Fokuslinie 14 (siehe Figur 2) der beiden Hohlspiegel 13 verläuft jeweils parallel zur Längsachse 3 im Bereich der Oberfläche 10 des Sootkörpers 2. Um die Fokuslinie 14 mit zunehmendem Außendurchmesser des Sootkörpers 2 in diesem Bereich zu halten, ist der Hohlspiegel 13 in Richtung senkrecht zur Trägerlängsachse 3 bewegbar, wie dies der Blockpfeil 17 andeutet. Der Wirkungsgrad der beiden Hohlspiegel 13, definiert als der den sich bildenden SiO_2 -Sootkörper abdeckenden Raumwinkel liegt bei etwa 80 %.

25 **Figur 2** zeigt die Vorrichtung nach Figur 1 in einer Seitenansicht. Daraus ist erkennbar, dass die Hohlspiegel 13 eine Innenwölbung aufweisen, die der Raumform des sich bildenden Sootkörpers 2 nachgebildet ist. Die Hohlspiegel 13 erstrecken sich beiderseits und parallel zur Brennerreihe 4, wobei der minimale Abstand zwischen den Hohlspiegeln 13 und der Sootkörperoberfläche 10 konstant auf einen Wert von 100 mm gehalten wird, indem die Hohlspiegel 13 während des Aufbauprozesses in Richtung des Blockpfeiles 17 bewegt werden. Die Fokuslinie

14 der Hohlspiegel 13 verläuft jeweils senkrecht zur Blattebene entlang der Sootkörperoberfläche 10.

Die Hohlspiegel 13 reflektieren vom Sootkörper 2 ausgehende Verlustwärme auf die Sootkörperoberfläche 10 zurück – und zwar über die gesamte Länge des Sootkörpers 2. Dies trägt zu einer Erwärmung des Sootkörpers 2 bei, durch die Schwankungen der Oberflächentemperatur eingeebnet werden. Dadurch gelingt es, einen Sootkörper 2 mit axial homogenem Dichteverlauf herzustellen. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz der Hohlspiegel 13 zu einer Erhöhung der Dichte des Sootkörpers 2 um 1,5 % im Mittel führt. Die Dichteerhöhung kann durch eine Absenkung der den Abscheidebrennern 5 zugeführten Brenngase kompensiert werden, wobei im Ausführungsbeispiel eine Absenkung der Brenngase O_2 und H_2 um 5 % erforderlich ist.

In einer ersten alternativen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung erstrecken sich die am Sootkörper sich gegenüberliegenden Hohlspiegel nur über ca. 80 % der Sootkörperlänge.

In einer zweiten alternativen Ausführungsform erstrecken sich die am Sootkörper sich gegenüberliegenden Hohlspiegel ebenfalls über ca. 80 % der Sootkörperlänge und sind jeweils beiderseits über die Sootkörperenden hinaus mittels Edelstahlelementen verlängert, die eine matte, sandgestrahlte Oberfläche aufweisen.

Die mattierten Oberflächen wirken sich im Bereich der beiden Sootkörperenden als Wärmesenke aus, die zu einer Verringerung der Dichte in diesen Bereichen im Vergleich zu der oben erläuterten, ersten alternativen Ausführungsform führt.

Soweit bei der in **Figur 3** dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung identische Bezugsziffern wie in den Figuren 1 und 2 verwendet sind, so sind damit ist die gleichen oder äquivalente Bestandteile der Vorrichtung bezeichnet wie in den Figuren 1 und 2. Auf die entsprechenden Erläuterungen wird verwiesen.

Bei der Vorrichtung gemäß Figur 3 ist die Abscheidekammer 30 als langgestreckter, zylinderförmiger Hohlspiegel 31 mit elliptischem Querschnitt ausgebildet, der sich entlang des Sootkörpers 2 über dessen gesamte Länge erstreckt. Der Hohl-

spiegel 31 besteht aus Edelstahl, wobei die dem Sootkörper 2 zugewandte konkave Innenwölbung 33 hochglanzpoliert ist und einen Reflexionsgrad für infrarote Strahlung von annähernd 100 % aufweist. An der Oberseite des Hohlspiegels 31 erstreckt sich ein Abzugsspalt 36 und an seiner Unterseite ist ein länglicher Durchbruch 37 für die Längsführung der Brennerbank 4 und die Zufuhr der Brennergase vorgesehen.

Die Fokuslinien 34, 35 des Hohlspiegels 31 verlaufen (senkrecht zur Blattebene) parallel zur Trägerlängsachse 3. Die Sootkörperoberfläche 10 wird in der einen Fokuslinie 34 des Hohlspiegels 31 (Brennpunkt) gehalten, indem der Träger 1 mit zunehmendem Außendurchmesser des Sootkörpers 2 in Richtung des Pfeiles 38 nach oben verschoben wird. In der anderen Fokuslinie 35 liegen die Brennerflammen 18 der Abscheidebrenner 5.

Der Hohlspiegel 31 reflektiert von den Brennerflammen 18 ausgehende Verlustwärme auf die Sootkörperoberfläche 10 zurück – und zwar über die gesamte Länge des Sootkörpers 2. Dies trägt zu einer homogenen Erwärmung des Sootkörpers 2 bei, so dass die Temperatur der Abscheidebrenner 5 entsprechend gesenkt, und damit der inhomogene Anteil der zur Sootbildung erforderlichen Wärmestrahlung zu Gunsten einer axial homogenen Erwärmung vermindert wird. Schwankungen der Oberflächentemperatur werden so eingeebnet. Dadurch gelingt es, einen Sootkörper 2 mit axial homogenem Dichteverlauf herzustellen.

In einer konstruktiv einfacheren Ausführungsvariante ist die Abscheidekammer 30 wie anhand Figur 3 erläutert, jedoch als langgestreckter Hohlspiegel mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet. Bei dieser Ausführungsform verläuft die Fokuslinie des Hohlspiegels (die Mittelachse) senkrecht zur Blattebene und parallel zur Trägerlängsachse vorteilhafterweise zwischen den Brennerflammen und der Sootkörperoberfläche. Der Wölbungsradius des Hohlspiegels beträgt 600 mm und sein Abstand zur Trägerlängsachse 400 mm. Der so gestaltete Hohlspiegel reflektiert von den Brennerflammen ausgehende Verlustwärme auf die Sootkörperoberfläche zurück – und zwar über die gesamte Länge des Sootkörpers. Dabei ergibt sich im Vergleich zu der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform der Erfindung

jedoch ein etwas geringerer Wirkungsgrad hinsichtlich der Reflexion der Wärme der Abscheidebrenner auf die Sootkörperoberfläche.

Für die Erläuterung einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird im Folgenden auf die Ausführung gemäß den Figuren 1 und 2 Bezug
5 genommen. Hierbei ist ein Flächenelement in Form einer nach oben offenen Viertelschale aus poliertem Edelstahl mit einem Reflektionsgrad von nahezu 100 % vorgesehen, die sich unterhalb der gesamten Brennerbank 4 erstreckt und mittels der die nach unten abgestrahlte Verlustwärme der Abscheidebrennern 5 in Richtung auf den Sootkörper 2 zurückreflektiert wird. Die Viertelschale ist mit der
10 Brennerbank 4 fest verbunden und wird mit dieser entlang des Sootkörpers 2 hin- und herbewegt und sie wird mit zunehmendem Durchmesser des Sootkörpers 2 mit der Brennerbank 4 nach unten verschoben, um den Abstand zwischen Brennerflamme und Sootkörperoberfläche 10 konstant zu halten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings, umfassend einen Verfahrensschritt, bei dem mittels einer Reihe von Abscheidebrennern SiO_2 -Partikel erzeugt und auf einer Zylindermantelfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers unter Bildung eines zylinderförmigen, porösen SiO_2 -Sootkörpers abgeschieden werden, wobei die Oberflächentemperatur des sich bildenden Sootkörpers mittels eines Temperatureinstellkörpers beeinflusst wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Temperatureinstellkörper ein sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers (2) erstreckendes Flächenelement (13; 31) eingesetzt wird, das entweder als homogene Wärmesenke temperaturabschirmend oder als homogener Reflektor durch Wärmestrahlung temperaturerhöhend auf die Sootkörperoberfläche (10) einwirkt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (31) von einer Innenwandung eines den SiO_2 -Sootkörper (2) umgebenden Gehäuses (30) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13; 31) als Reflektor mit einem Reflexionsgrad für IR-Strahlung zwischen 80 % und 100 % wirkt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des Flächenelements (31) Wärme der Abscheidebrenner (5) in Richtung auf den Sootkörper (2) reflektiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des Flächenelements (13) Wärme des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers (2) in Richtung auf die Sootkörperoberfläche (10) reflektiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement einen Wirkungsgrad, definiert als der den sich bildenden SiO_2 -Sootkörper abdeckenden Raumwinkel von mindestens 60 % aufweist.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement als IR-Strahlung absorbierende Wärmesenke wirkt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement eine aufgeraute Oberfläche mit einer mittleren Rauhtiefe R_a von mindestens 10 μm aufweist.
- 10 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement eine geschwärzte Oberfläche aufweist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement gekühlt wird.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement entlang des Sootkörpers (2) bewegt wird.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen dem Flächenelement (13) und der Oberfläche (10) des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers (2) konstant gehalten wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13; 31) über die gesamte nutzbare Länge des Sootkörpers (2) erstreckt.

14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Reihe von Abscheidebrennern zur Erzeugung von SiO_2 -Partikeln, einen um seine Längsachse rotierbaren Träger, auf dessen Zylindermantelfläche die erzeugten SiO_2 -Partikel unter Bildung einer zylinderförmigen, porösen SiO_2 -Sootkörper^s abgeschieden werden, mit
5 mindestens einem im Bereich der^s sich bildenden Sootkörper^s angeordneten Temperatureinstellkörper, der auf die Oberflächentemperatur der^s sich bildendeⁿ Sootkörper^s zum Zweck der Beeinflussung eines axialen Dichteverlaufs einwirkt, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatureinstellkörper ein als homogene Wärmesenke oder als homogener Reflektor wirkendes
10 Flächenelement (13; 31) aufweist, das sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers (2) erstreckt und das einen vorgegebenen Reflexionsgrad für IR-Strahlung aufweist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (31) von einer Innenwandung eines den SiO_2 -Sootkörper (2) umgebenden Gehäuses (30) gebildet wird.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13; 31) für IR-Strahlung einem Reflexionsgrad zwischen 80 % und 100 % aufweist.
- 20 17. Vorrichtung nach Anspruch 16 dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13; 31) eine konkave Wölbung (7; 33) aufweist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die konkave Wölbung (33) einen Brennpunkt (34) aufweist, der im Bereich der Reihe der Abscheidebrenner (5) liegt.
- 25 19. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die konkave Wölbung (7) einen Brennpunkt (14) aufweist, der im Bereich des sich bildenden SiO_2 -Sootkörpers (2) liegt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement eine IR-Strahlung absorbierende Oberfläche aufweist.

5 21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement aufgeraut ist und eine mittlere Rauhtiefe R_a von mindestens 10 μm aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement eine geschwätzte Oberfläche aufweist.

10 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22 dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement mit einer Kühlvorrichtung versehen ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 14 und einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement entlang des Sootkörpers bewegbar ausgebildet ist.

15 25. Vorrichtung nach Anspruch 14 und einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13) senkrecht zur Trägerlängsachse (3) verschiebbar ausgebildet ist.

20 26. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13; 31) über die gesamte nutzbare Länge des Sootkörpers (2) erstreckt.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings

5

Ein bekanntes Verfahren zur Herstellung eines Quarzglas-Rohlings umfasst einen Verfahrensschritt, bei dem mittels einer Reihe von Abscheidebrennern SiO_2 -Partikel erzeugt und auf einer Zylindermantelfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers unter Bildung eines zylinderförmigen, porösen SiO_2 -

10 Sootkörpers abgeschieden werden, wobei die Oberflächentemperatur des sich bildenden Sootkörpers mittels eines Temperatureinstellkörpers beeinflusst wird. Um hiervon ausgehend ein preisgünstiges Verfahren zur Herstellung eines SiO_2 -Sootkörpers mit geringen axialen Dichteschwankungen anzugeben, und dafür eine konstruktiv einfache Vorrichtung bereitzustellen wird erfindungsgemäß vorge-

15 schlagen, dass als Temperatureinstellkörper ein sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers erstreckendes Flächenelement eingesetzt wird, das entweder als homogene Wärmesenke temperaturabschirmend oder als homogener Reflektor durch Wärmestrahlung temperaturerhöhend auf die Sootkörperoberfläche einwirkt. Eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

20 geeignet Vorrichtung zeichnet durch einen Temperatureinstellkörper aus, der ein als homogene Wärmesenke oder als homogener Reflektor wirkendes Flächenelement aufweist, das sich entlang eines wesentlichen Teils des SiO_2 -Sootkörpers erstreckt und das einen vorgegebenen Reflexionsgrad für IR-Strahlung aufweist.

25

1/2

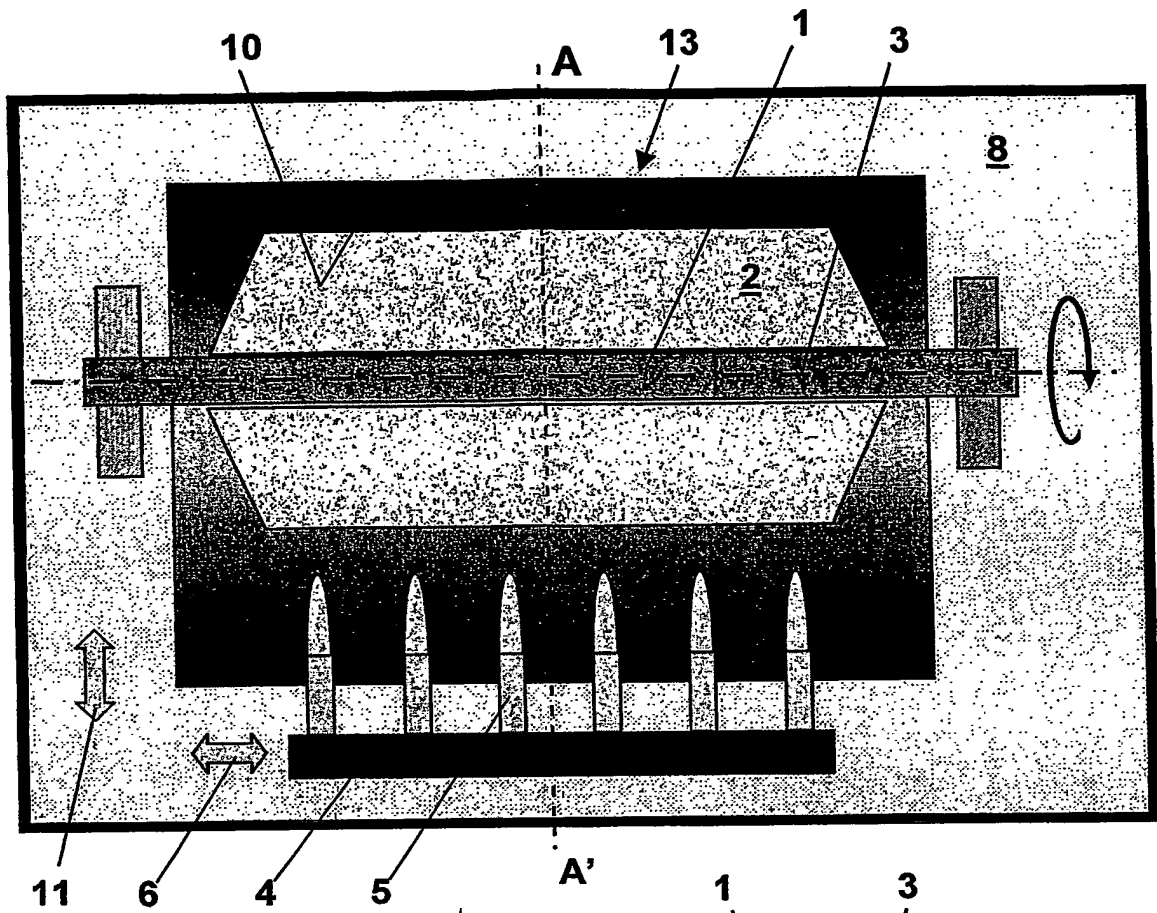


Fig. 1

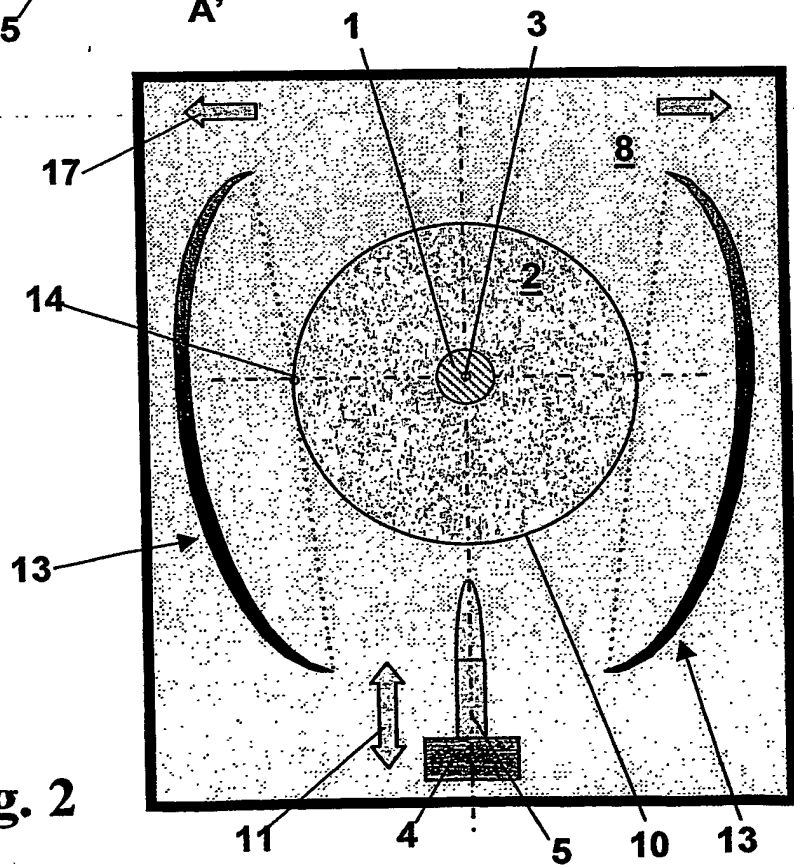
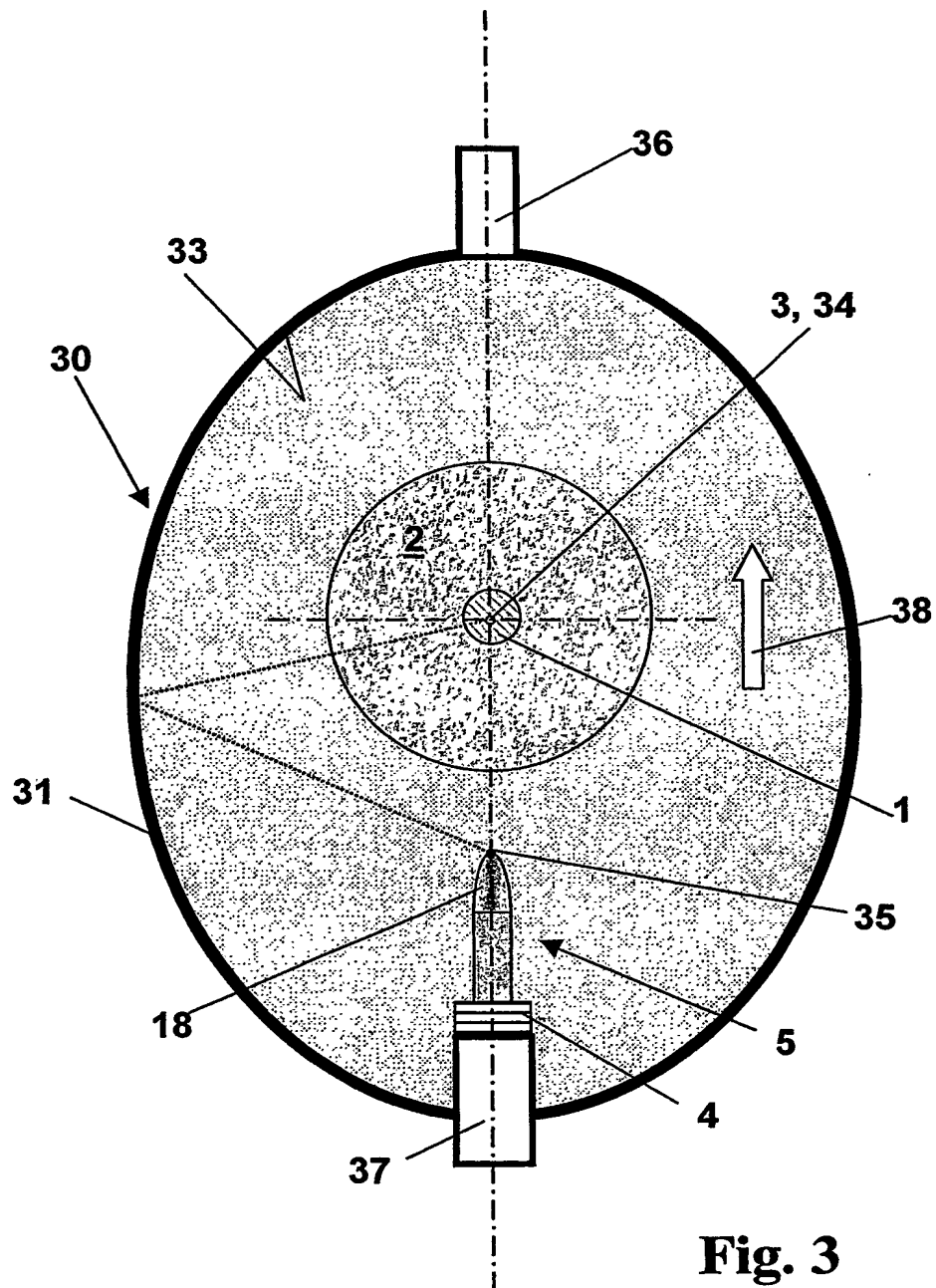


Fig. 2

2/2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.